

VŠB-Technická univerzita Ostrava
Fakulta stavební
Katedra geotechniky a podzemního stavitelství

**Experimentální měření seizmické odezvy reverzní vibrační desky na
základových pásech konstrukce stand**

**Experimental Measurements of Seismic Response of the Reverse Vibratory
Plate on the Strip Foundation of the Construction Stand**

Student:

Jiří Kolek

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Martin Stolárik, Ph.D.

Ostrava 2013

Zadání bakalářské práce

Student: **Jiří Kolek**

Studijní program: B3607 Stavební inženýrství

Studijní obor: 3647R017 Geotechnika

Téma: Experimentální měření seizmické odezvy reverzní vibrační desky na
základových pásech konstrukce stand
Experimental Measurements of Seismic Response of the Reverse
Vibratory Plate on the Strip Foundation of the Construction Stand

Zásady pro vypracování:

Úvod
Rešerše
Vlastní experimentální měření
Zhodnocení výsledků z měření
Závěr

Seznam doporučené odborné literatury:

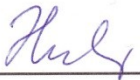
1. KALÁB, Z. *Seizmická měření v geotechnice*, Monografie, 2008, Ostrava. ISBN 978-80-2481795-5
2. SARSBY, R. *Environmental Geotechnics*, Thomas Telford Limited, 2000, London. ISBN 978-0727727527
3. TOWHATA, I. *Geotechnical Earthquake Engineering*, Springer, 2008, Berlin. ISBN 978-3-540-35783-4
4. ČSN 73 0040 – Zatížení stavebních objektů technickou seismicitou a jejich odezva, Český normalizační institut, 1996, Praha.
5. Články v odborných periodících (Transactions of the VSB - Technical University of Ostrava, Egrse, Soil Dynamics and Earthquake Engineering)

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

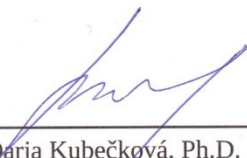
Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Martin Stolárik, Ph.D.**

Datum zadání: 31.10.2012

Datum odevzdání: 06.05.2013


doc. RNDr. Eva Hruběšová, Ph.D.
vedoucí katedry




prof. Ing. Darja Kubečková, Ph.D.
děkanka fakulty

Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě

.....

podpis studenta

Prohlašuji, že

- byl jsem seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- беру на вѣдомі, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на вѣдомі, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě

.....
podpis studenta

Anotace

Práce je zaměřená na měření a posouzení technické seizmicity vyvolané vibrační deskou na experimentální konstrukci stand. V úvodu se práce zabývá detailním popisem konstrukce standu. Následuje kapitola zaměřená obecně na seizmicitu. Součástí této kapitoly je popis šíření seizmických vln a rozdělení seizmicity. Další kapitola je věnována vibračním deskám včetně jejich stručného popisu a rozdělení. Dále je stručně popsáno technické vybavení, které bylo použito, při realizaci experimentálních měření in-situ. Naměřené hodnoty jsou zpracovány v amplitudové oblasti a graficky interpretovány v podobě útlumových křivek. V závěrečné části je posouzen vliv dynamického zatížení na konstrukci stand podle příslušné národní normy.

Klíčové slova

Seizmicita, Vibrační deska, Konstrukce Stand

Abstract

The work is focused on the measurement and assessment of technical seismicity induced vibration plate on the experimental construction stand. At the beginning of the thesis deals with the detailed description of construction stand. Next chapter is focusing generally on seismicity. Part of this chapter is to describe the spread of seismic waves and the distribution of seismicity. Another chapter is devoted to vibration plates including a brief description and classification. In the next part is briefly described the technical equipment that was used, for the implementation of experimental measurements of in-situ. The measured values are processed in the amplitude area and graphically interpreted in form of attenuation curves. The final section assesses the influence of dynamic load on the construction stand according to the relevant national standards.

Key Words

Seismicity, Vibration plate, Stand construction

Obsah

1. Úvod.....	1
2. Rešerše	2
2.1 Experimentální konstrukce stand.....	2
2.2 Seizmicita	5
2.2.1 Šíření seizmicity.....	5
2.2.2 Přirozená seizmicita	9
2.2.3 Indukovaná seizmicita.....	10
2.3.4 Technická seizmicita.....	12
2.3 Vibrační deska	14
2.3.1 Nesené vibrační desky	14
2.3.2 Řiditelné vibrační desky.....	15
2.3.3 Jednosměrné vibrační desky	15
2.3.4 Reverzní vibrační desky.....	16
3. Vlastní experimentální měření	18
3.1 Sestava měřicí aparatury.....	18
3.1.1 Měřicí seizmická stanice Gaia 2T	18
3.1.2 Měřicí senzor ViGeo2.....	19
3.1.3 GPS	20
3.2 Software.....	20
3.2.1 Program Seistools	20
3.2.2 Program SWIP	20
3.3 Postup při vlastním experimentálním měření	21
3.3.1 Zhotovení výkopu	21
3.3.2 Příprava pro měření.....	22
3.3.3 Měření	23
4. Analýza naměřených dat	24
4.1 Měření na prvním pásu, nižší stupeň rychlosti kmitání.....	24
4.2 Měření na prvním pásu, vyšší stupeň rychlosti kmitání	25
4.3 Měření na druhém pásu, nižší stupeň rychlosti kmitání	26
4.4 Měření na druhém pásu, vyšší stupeň rychlosti kmitání	27
5. Zhodnocení výsledků z měření	28
6. Závěr.....	32

7. Seznam použité literatury a internetových odkazů.....	33
8. Seznam obrázků	35
9. Seznam tabulek a grafů	36

1. Úvod

V současné době je při zakládání staveb již neodmyslitelnou součástí hutnění podložních vrstev. Tento úkon se provádí z důvodu vylepšení parametrů podloží. Hutnění je uměle vyvolaný proces, při kterém dochází k dodávání mechanické energie do podkladních vrstev. To má za následek např. zvýšení únosností zeminy, což je dáno navýšením objemové hmotnosti zeminy na úkor snížení množství póru vyplněných vzduchem. Zhutněné podloží dále vykazuje menší deformace, vyvolané přetížením samotné stavby.

Hutnění se rozděluje podle několika parametrů, které jsou ovšem vzájemně provázány. Prvním kritériem je dosah procesu hutnění. Při povrchovém hutnění, se efekt projeví do hloubky zhruba 40cm. U hloubkového hutnění je dosah patrný do mnohem větších hloubek. Další skupinu tvoří hutnění statické či dynamické. Pro statické hutnění je využívána jen vlastní hmotnost hutnící techniky, zatímco u dynamického hutnění je k vlastní hmotnosti strojů přičten i dynamický účinek vibrací.

Mezi nejznámější techniku, používanou pro statické povrchové hutnění patří válce s hladkým či profilovaným běhounem, případně válce pneumatické. Pro dynamické hutnění se využívá vibračních pěchů, válců a v neposlední řadě také vibračních desek, jejichž účinky na konstrukce se zabývá tato práce.

Zejména při dynamickém hutnění vznikají vibrace, které se do okolního prostředí šíří jako seizmické vlny. Tento druh uměle vytvořených otřesů spadá do kategorie technické seizmicity. Ačkoli jsou vibrace při hutnění podloží žádaným jevem, na druhou stranu působí i negativním vlivem na životní prostředí. Pro posouzení vlivu vibrací na stavební objekty slouží česká technická norma ČSN 73 0040 Zatížení stavebních objektů technickou seizmicitou a jejich odezva [1]. Člověka před nežádoucími účinky vibrací má chránit nařízení vlády č. 272/2011 Sb., o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací. [2]

Hlavním cílem této práce bylo zhodnocení seizmického zatížení vyvolaného reverzní vibrační deskou na základě měření in-situ. Naměřené hodnoty rychlosti kmitání jsou zpracovány v amplitudové oblasti a graficky interpretovány v podobě útlumových křivek. Pro experimentální měření a posouzení dynamického zatížení od reverzní vibrační desky na stavební objekty byla vybrána experimentální konstrukce stand.

2. Rešerše

2.1 Experimentální konstrukce stand

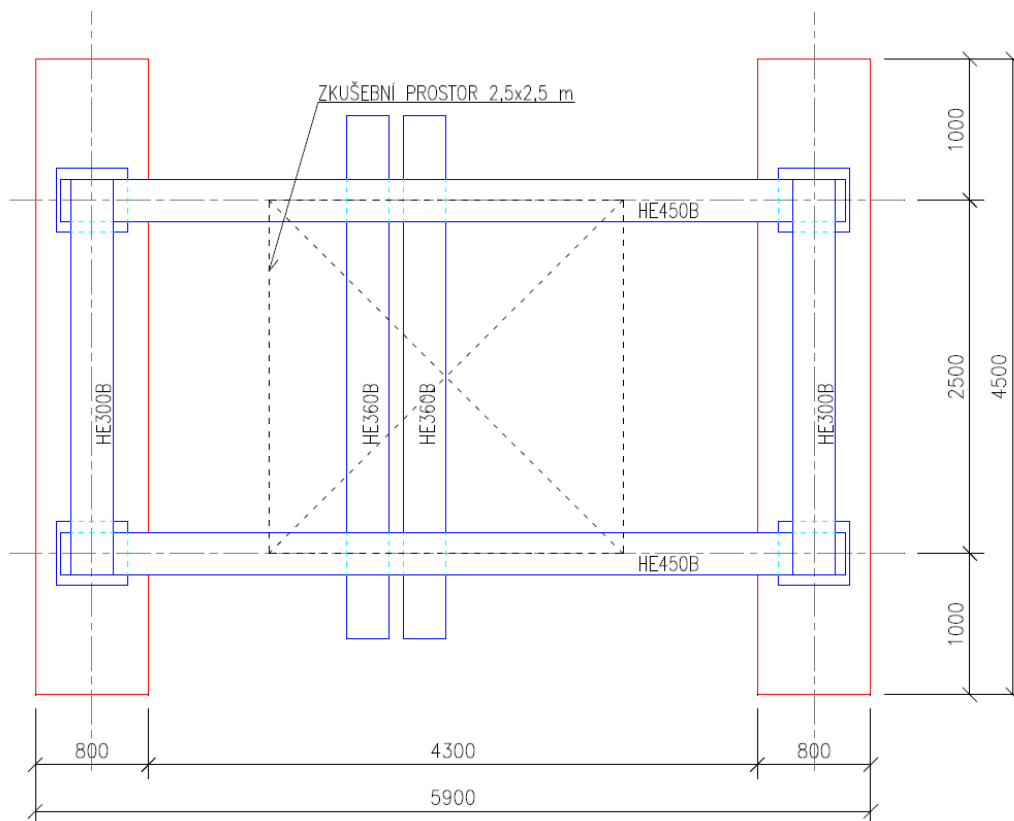


Obr. 1: Experimentální konstrukce stand [zdroj: foto autor]

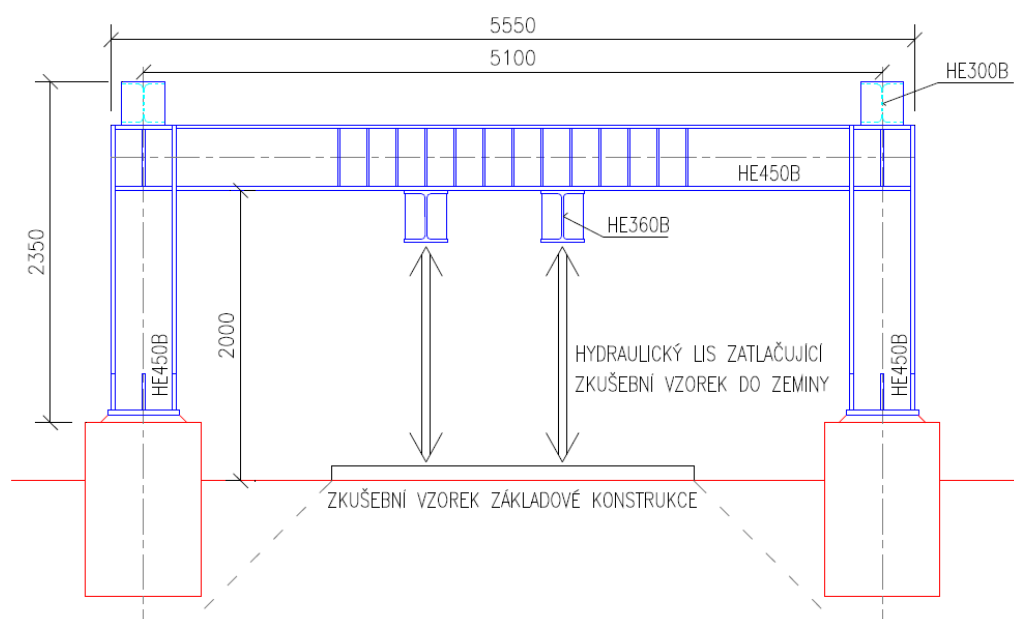
Konstrukce stand je železobetonová konstrukce umístěná v areálu Vysoké školy báňské v Ostravě Porubě, konkrétně v areálu Fakulty stavební. Stand je situován vedle parkoviště pro motorová vozidla a sušičky na dřevo. Tato konstrukce byla zhotovena v roce 2010 pro vědecké a výzkumné účely zejména oboru geotechnika, ale také konstrukce staveb. Účelem tohoto zkušebního zařízení je vytvoření dostatečně tuhého protizávaží, pro statickou zatěžovací zkoušku. Statická zatěžovací zkouška slouží k určení deformačních parametrů podkladních vrstev, případně i základových konstrukcí. Na zkušební konstrukci lze provádět i další měření např. měření vlivu seizmicity na základových pásech konstrukcí, kmitání ocelových konstrukcí vlivem účinku technické seizmicity atd.

Ocelová část konstrukce je tvořena čtyřmi sloupy profilu HE450B, dvěma podélnými nosníky taktéž z profilu HE450B a dvěma příčnými pevnými nosníky profilu HE300B. Součástí zkušební konstrukce jsou také 2 příčné pohyblivé nosníky tvořené profilem HE360B.

Rozměry a geometrie celé konstrukce je patrná z obrázku 2 a 3. Z obrázku 1 vyplývá, že celá ocelová část je opatřena nátěrem červené barvy odpovídající stupni C3 korozní agresivity.[3]

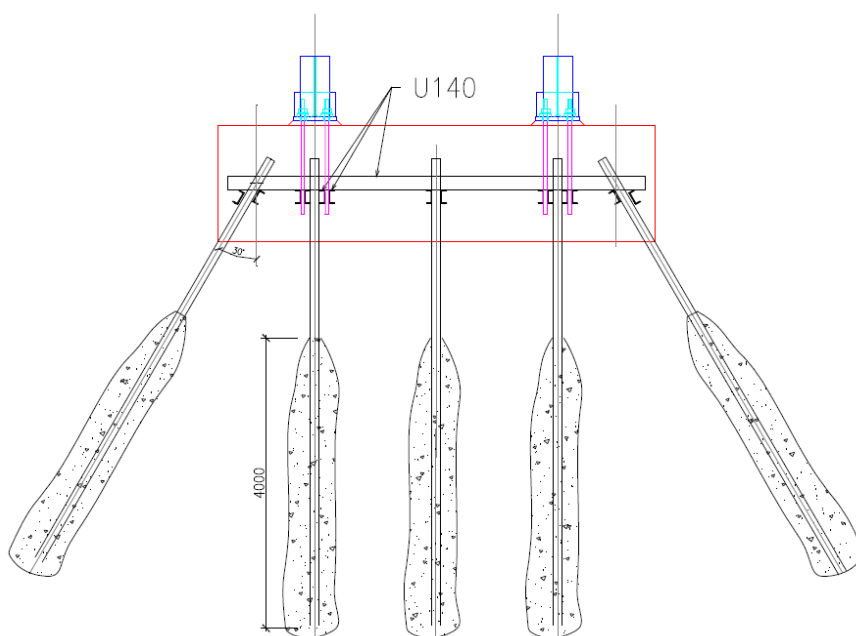


Obr. 2: Půdorys zkušebního standu [3]



Obr. 3: Řez zkušebním standem [3]

Základová část standu je tvořena dvěma základovými pásy délky 4,5m a šířky 0,8m. Výška pásu je 1,2m a základové pásy jsou uloženy do hloubky 0,8m pod terénem. Vzhledem k poměrně malé hmotnosti ocelového rámu, řádově 6,5t a plošných základů cca 21,5t, bylo nutné ukotvit základy hlouběji do podloží, aby nedošlo k vytržení konstrukce vlivem předpokládaných velkých tahových sil. Součástí obou základových pásů je ocelový rošt, tvořený ocelovými profily U140. Kotvení základové konstrukce je tvořeno pomocí trubních mikropilot znázorněné na obrázku 4. Únosnost jedné mikropiloty je stanovena na hodnotu 250kN. Vrty pro mikropiloty jsou dlouhé 5m s délkou kořenové části 4m. Mikropiloty jsou umístěné na osu pásu. Krajní svislé mikropiloty se nachází pod sloupky ocelového rámu, prostřední trubní mikropiloty jsou umístěné ve středu plošných základů. [3]



Obr. 4: Schéma rozmístění mikropilot pod základovým pásem [3]

Ke stanovení geologických poměrů v místě standu se vychází ze závěrečné zprávy od přístavby Fakulty stavební Vysoké školy báňské v Ostravě Porubě zhotovené firmou K-GEO s.r.o. Na základě závěrečné zprávy jsou geologické podmínky vyhodnoceny jako jednoduché, protože sklony jednotlivých vrstev jsou téměř ve vodorovném uložení.

Území je charakterizováno jako předkvartérní podklad, který je tvořen svrchní vrstvou ornice o mocnosti 0,3m. Následuje vrstva o mocnosti okolo 5m tvořená sprašovými hlínami

vyznačující se převážně tuhou konzistencí. Tento druh zeminy spadá do třídy F6 CI (CL). Další vrstvu tvoří tuhé glacigenní hlíny rovněž třídy F6 CI (CL) jejíž mocnost je 2m. Dále následuje 3m mocná vrstva ulehých glacigenních písků třídy S3 (S-F), pod kterou se nachází vrstva ulehých písčitých štěrků třídy G3 s mocností 5m. Poslední vrstvou, která byla nalezena při geotechnickém průzkumu je vrstva ulehých písků třídy S2.[4]

Při provádění geotechnického průzkumu nedošlo k zastižení podzemní vody. Závěrečná zpráva se jen zmiňuje o archivním vrtu, podle kterého se nachází podzemní voda v hloubce 12m pod povrchem. Rozbor vody nebyl proveden, protože se neodebral vzorek vody.[4]

2.2 Seizmicita

Pojem seizmicita označuje otřesy, kmitání zemského povrchu, které mají zpravidla krátkodobý charakter. Seizmicita pro dané území je definována jako časoprostorové rozložení výskytu seizmických jevů, vymezených hranicemi daného území. Pro posuzování ohrožení území seizmicitou je nutné zohlednit také ohniska v blízkých aktivních oblastech, která by mohla dané území svými účinky zasáhnout.[5]

2.2.1 Šíření seizmicity

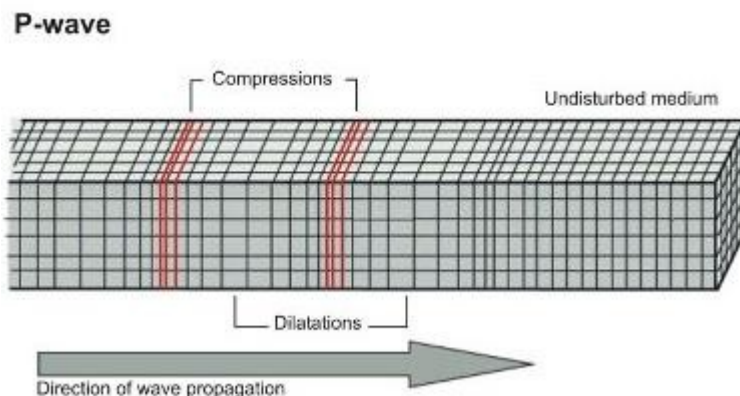
Seizmicita se šíří v podobě seizmických vln. Jedná se o vlnění, které vznikne uvolněním nashromážděné energie nebo náhlou deformací prostředí. Deformace hornin mohou být způsobené zemětřesením, výbuchy náloží či zřícením skalních masívů. Při těchto jevech dochází ke vzniku a šíření seizmických vln horninovým prostředím. Místo vzniku odkud se vlny šíří je označováno jako ohnisko. V určitých případech může ohnisko dosáhnout enormních rozměrů, řádově až několik set kilometrů. Z tohoto důvodu se zavedl bod, představující těžiště ohniska zvaný hypocentrum.[6]

Rychlost šíření vln je závislá na elastických parametrech prostředí, zejména na Youngově modulu pružnosti E [Mpa] a Poissonově čísle ν [-]. Dalším parametrem ovlivňující rychlost šíření seizmických vln je homogenita resp. heterogenita prostředí, ve kterém se vlny šíří. Pokud se vlna šíří homogenním prostředím, je její rychlost konstantní. Vlny se šíří do všech směrů stejnoměrně, vytváří tzv. kulový tvar. V heterogenním prostředí dochází k deformaci vln vlivem různorodosti prostředí. Rychlost šíření vln také závisí na geologické skladbě prostředí, ve kterém se vlny šíří. S rostoucí teplotou klesá rychlost šíření.[7]

Základní typy seizmických vln:

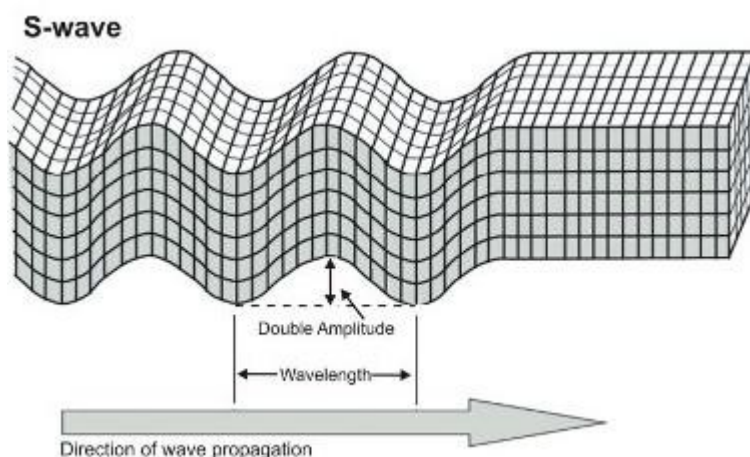
- P-vlny
- S-vlny
- Loveovy vlny
- Rayleighovy vlny

P-vlny jsou označovány jako primární, protože jsou nejrychlejším typem elastického vlnění. Jsou schopny šířit se skrz pevné, kapalné i plynné prostředí. Této vlastnosti se využívá zejména při získávání poznatků o Zemi. Pokud vlny narazí na rozhraní jednotlivých vrstev, mají tendenci měnit rychlost a případně i směr. Princip šíření P-vln je naznačen na obrázku 5. Jedná se o vlnění, které během svého šíření roztahuje a stlačuje element, kterým prochází. Dilatace a komprese elementů probíhá ve směru šíření vlny.[6, 7]



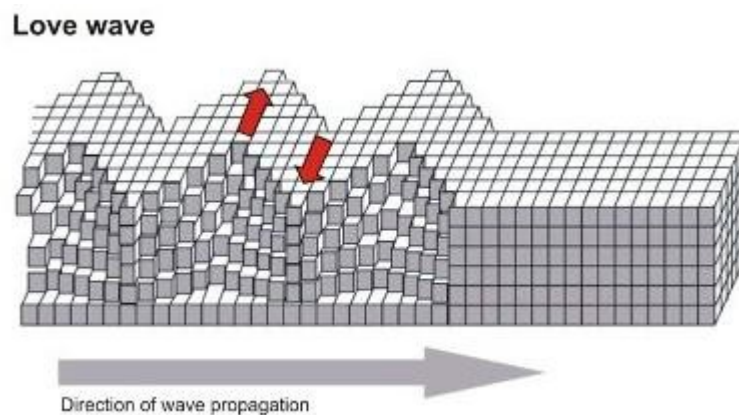
Obr. 5: Šíření P-vlny [6]

S-vlny jsou zástupcem příčného vlnění. Rychlost šíření příčných vln je pomalejší než u vln primárních, proto jsou označovány také jako sekundární. Příčné vlny se nedokážou šířit v kapalném ani plynném prostředí. Jestliže účinky P-vln jsou minimální, tak účinky S-vln jsou destruktivní. Při šíření se S-vln, elementy nekmitají ve směru postupu vlny, ale v rovině k ní kolmé. Jednotlivé částice mohou oscilovat v horizontální nebo vertikální rovině, která je kolmá na směr šíření vlny. Při šíření S-vln dochází k pohybům zemského povrchu, což vede až k poškozování staveb.(obr. 6) [6, 7]



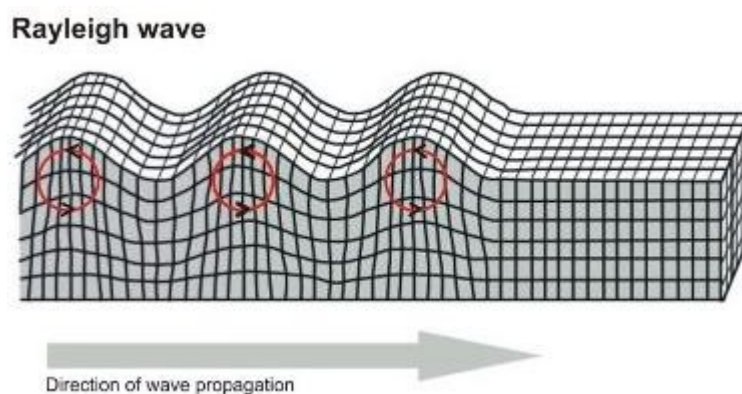
Obr. 6: Šíření S-vlny [6]

Loveovy vlny jsou druhem povrchového vlnění a již nespádají do kategorie objemových vln jako primární a sekundární vlny. Pro tento druh vlnění je výskyt typický v pevném vrstevnatém prostředí. Rychlost šíření Loveových vln je nižší než u P-vln a S-vln. Hodnota rychlosti Loveovy vlny je mezi hodnotou rychlosti příčné vlny v povrchové vrstvě a vrstvě pod ní ležící. Objevují se v povrchové vrstvě, pokud její příčná rychlost šíření seizmických vln je menší než v podložní vrstvě.[7] Na obrázku 7 je naznačen princip šíření Loveovy vlny. Pohyb kmitání elementů připomíná sekundární vlnu. Částice kmitají kolmo na směr postupu vlny v horizontální rovině volného povrchu. [6, 7]



Obr. 7: Pohyb elementů při Loveově vlně [6]

Rayleighovy vlny jsou nejpomaleji se šířící vlny v zemském prostředí z výše jmenovaných. Tento druh vlnění se šíří buď podél hranice, která odděluje dvě různá prostředí nebo podél volného povrchu. Charakteristický znak Rayleighovy vlny je, že se elementy pohybují po trajektorii elipsy ve vertikální rovině ve směru pohybu vlny. Rayleighovy vlny jsou velmi často přirovnávány k mořským vlnám, ovšem Rayleighovy se mohou šířit pouze v pevném prostředí. (obr. 8) [6, 7]



Obr. 8: Princip Rayleighovy vlny [6]

2.2.2 Přírozená seizmicita

Naše planeta je nehomogenní těleso, namáhané v různých svých místech různými silami: od vlastní gravitace a gravitace blízkých nebeských těles, od odstředivé síly, teploty, od dopadajících meteoritů i od lidské činnosti (například přetížení zdržemi velkých přehrad).[8] To vše působí na horniny v zemské kůře a vytváří na ně určitá napětí. Pokud je působící napětí již příliš velké, dojde k překročení meze tření a náhlému uvolnění velkého kvanta energie. To se projeví pohybem zemské kůry doprovázené otřesy – zemětřesením.

Zemětřesení tedy můžeme definovat jako soubor krátkodobých pohybů reprezentující proces při změně napětíového stavu hornin.[6] Otřesy se posuzují podle původu vzniku, podle hloubky, ve které se nachází jejich ohnisko a v neposlední řadě také podle intenzity.

Zemětřesení se dělí podle původu vzniku na řítivá, vulkanická a tektonická. Řítivé zemětřesení vzniká, když dojde k uvolnění stropu podzemních prostor ať už přírodních nebo vzniklých následkem lidské činnosti. Vulkanická zemětřesení jsou spojována se sopečnou činností. Typický znak vulkanických otřesů je výskyt v rojích. Tektonická zemětřesení vznikají náhlým uvolněním nahromaděné elastické energie v tektonicky aktivních oblastech, přičemž dochází ke smykovému pohybu ker podél zlomových spár.[9] Jedná se o nejnebezpečnější a nejčastější typ otřesů. Tvoří zhruba 90% všech zemětřesení.

Podle hloubky se zemětřesení rozdělují do 3 skupin. První skupinu tvoří mělká zemětřesení do hloubky 60-70km. Středně mělká zemětřesení zasahují do hloubky až 300km a poslední skupinu tvoří zemětřesení hluboká s hloubkou nad 300km do zhruba 700km.

Aby bylo možné určit intenzitu otřesů, zavedly se tzv. zemětřesné stupnice. V České republice se v současné době využívají 2 stupnice. Jedná se o stupnice MSK-64 z roku 1964 a stupnici EMS-98 s poslední aktualizací z roku 1998. Na mezinárodní scéně se využívá ještě stupnice MGS případně její modifikace MM. Na základě zemětřesných stupnic byly vytvořeny mapy seizmických oblastí. [6, 10]



Obr. 9: Mapa seismických oblastí ČR [8]

Na obrázku 9 je vyobrazena Česká republika rozdělaná do jednotlivých okresů a dále rozdělaná podle seismického zatížení. Mezní hodnoty seismického zatížení jsou určeny z referenčního zrychlení základové půdy. Z obrázku 9 je patrné, že nejvíce ohroženými oblastmi ČR jsou Chebsko, Karvinsko, Frýdecko-Místecko a Vsetínsko. Na území České republiky jako celku je vykazována slabá seismická aktivita. Je to způsobeno místní příznivou geologií, která je tvořena zejména blokem Českého masívu.

2.2.3 Indukovaná seizmicita

Jedná se o speciální typ technické seizmicity. Vznik indukované seizmicity je spojován s důlní činností podpovrchovou i povrchovou. V případě povrchové těžby a těžby v lomech mohou otřesy vzniknout následkem ztráty stability svahů a následných sesuvů. Při těchto jevech dochází k tzv. horským otřesům. Jako další zdroj se uvádí budování hlubokých přehrad a nádrží, jež přitěžují zemský povrch. Dále indukovanou seizmicitu může vyvolat

vysokotlaká injektáž prostředí, nebo naopak nadměrné čerpání tekutin či plynů např. při těžbě ropy a zemního plynu. Pro všechny výše uvedené činnosti je charakteristické, že určitým způsobem mění napětí v horninovém prostředí.

Pro posuzování indukované seizmicity se využívá rovněž zemětřesných stupnic jako pro posuzování seizmicity přirozené. Stupnice MSK-64 a EMS-98 jsou obě shodně dvanáctistupňové. Zkratka EMS-98 znamená Evropská Makroseizmická Stupnice 1998. EMS-98 vychází ze stupnice MSK-64 a v současné době je nepoužívanější a nejmodernější stupnicí používanou v rámci Evropské Unie.

Evropská Makroseizmická stupnice 1998

I. Nepocítěno	Zemětřesení nebylo pocítěno.
II. Stěží pocítěno	Pocítěno jen velmi málo jednotlivci v klidu v domech.
III. Slabé	Pocítěno uvnitř budov některými osobami. Lidé v klidu pocít'ují jako houpání nebo lehké chvění.
IV. Značně pozorované	Zemětřesení uvnitř budov cítí mnozí, venku jen výjimečně. Někteří lidé jsou probuzeni. Okna, dveře a nádobí drnčí.
V. Silné	Uvnitř budov cítí většina, venku někteří. Mnozí spící se probudí. Někteří jsou vystrašení. Budovy vibrují. Visící objekty se značně houpají. Malé předměty se posouvají. Dveře a okna se otvírají a zavírají.
VI. Mírně ničivé	Mnozí lidé jsou vystrašeni a vybíhají ven. Některé předměty padají. Mnohé budovy utrpí malé nestrukturální škody jako např. vlasečnicové trhliny nebo odpadnuté malé kousky omítky.
VII. Ničivé	Většina lidí je vystrašena a vybíhá ven. Nábytek se posouvá. Předměty padají z polic ve velkém množství. Mnohé dobře postavené běžné budovy utrpí střední škody: malé trhliny ve

	zdech, opadá omítka, padají části komínů; ve stěnách starších budov jsou velké trhliny a příčky jsou zřícené.
VIII. Těžce ničivé	Mnozí lidé mají problémy udržet rovnováhu. Mnohé domy mají velké trhliny ve stěnách. Některé dobře postavené běžné budovy mají vážně poškozené stěny. Slabé starší struktury se mohou zřítit.
IX. Destruktivní	Všeobecná panika. Mnoho slabých staveb se řítí. I dobře postavené běžné budovy utrpí velmi těžké škody: těžké poškození stěn a částečně i strukturální škody.
X. Velmi destruktivní	Mnohé dobře postavené běžné budovy se řítí.
XI. Devastující	Většina dobře postavených běžných budov se řítí. I některé seizmicky odolné budovy jsou zničeny.
XII. Úplně devastující	Téměř všechny budovy jsou zničeny.[10]

2.3.4 Technická seizmicita

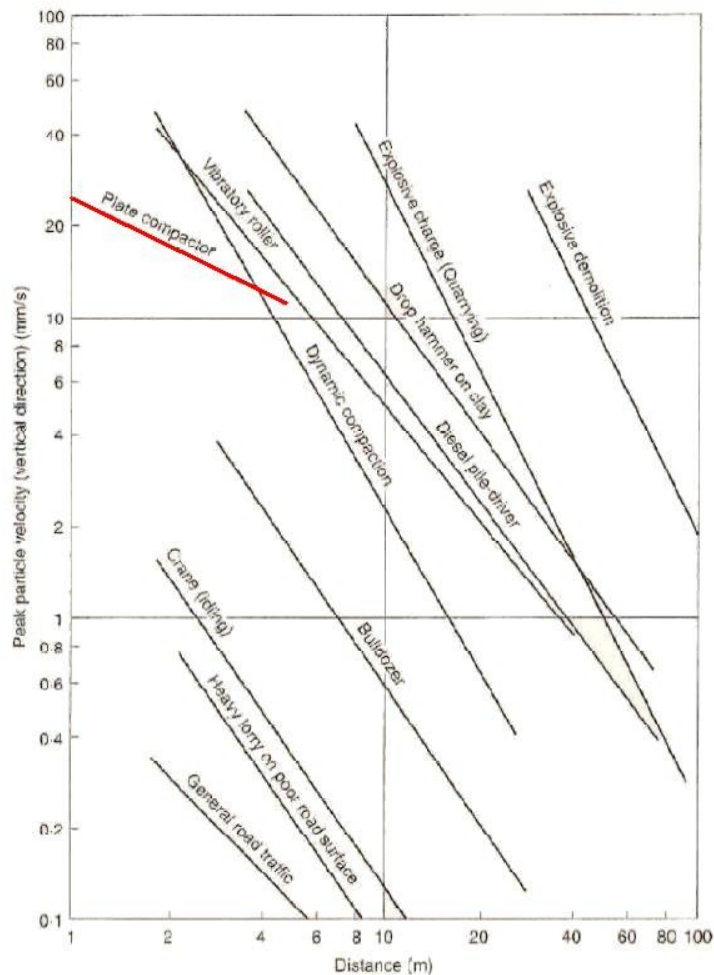
Technická seizmicita je ryzí produkt lidské činnosti. Vibrace, které vznikají, mají charakter uměle vyvolaných otřesů. Zdrojem technické seizmicity jsou různé druhy dopravy, např. automobilová či kolejová [11], dále také trhačí práce [12] nebo vliv průmyslové činnosti. Pro seizmicitu, která je vyvolána činností od strojů, se používá označení průmyslová seizmicita.

Technická seizmicita nemá pouze vliv na porušení budov, ale snižuje také komfort člověka. Nejnepříznivější vliv na člověka a budovy mají podle četnosti výskytu:

- otřesy od průmyslové činnosti
- otřesy od stavebních prací
- otřesy od trhačích prací

- otřesy od dopravy silniční

- otřesy od dopravy kolejové [13]



Obr. 10: Zdroje technických vibrací [14]

Na obrázku 10 jsou znázorněny různé zdroje, které vyvolávají technické otřesy. Obrázek dále vyjadřuje závislost rychlosti kmitání na vzdálenosti od zdroje. Hodnoty rychlosti kmitání jsou vyneseny na vertikální ose. Na ose horizontální jsou uvedeny hodnoty vzdáleností od zdroje dynamického zatížení. Červenou křivkou je v obrázku vyznačen účinek vibračních desek.

2.3 Vibrační deska

Vibrační desky jsou malé stavební stroje určené pouze pro povrchové hutnění. Tyto stavební stroje slouží zejména pro zhutňování nejrozličnějších typů zemin, ale také např. živičných ploch. Velmi rozšířené je použití vibračních desek při výstavbě komunikací pro pěší, kdy se používají nejen ke zhutňování podkladních vrstev chodníků, ale také k následnému urovnění položené dlažby. V tomto případě je nutné opatřit vibrační desku gumovou podložkou, která je připevněna k ocelové plotně pomocí dvou šroubů u jednosměrných a čtyř šroubů u reverzních vibračních desek a zabraňuje poškození dlažby. Vibrační desky není vhodné používat do zemin s vysokou plasticitou, protože dochází k zaboření desek do zemin.

Proces hutnění se provádí z důvodu zvýšení objemové hmotnosti zemin, současně dochází ke snížení pórovitosti, což zabraňuje následnému sedání zemin.

Vibrační desky se z konstrukčního hlediska rozdělují na nesené, říditelné, jednosměrné a reverzní.

2.3.1 Nesené vibrační desky

Tento typ vibračních desek se nepoužívá tak často, jako vibrační desky jednosměrné a reverzní a je určen pro hutnění obtížně přístupných míst. Nesené označované též jako závěsné vibrační desky lze připojit k ramenům rypadel místo pracovního nástroje, k dozerům či grejdrům místo rozrývacích trnů, ale také k velkým i malým nakladačům.



Obr. 11 a 12: Příklad nesené vibrační desky [15]

2.3.2 Řiditelné vibrační desky

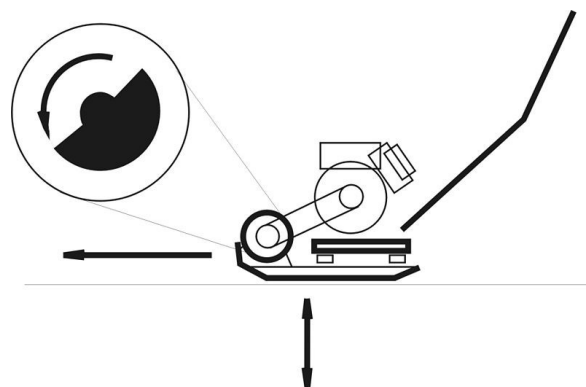
Řiditelné vibrační desky jsou ovládány pomocí joysticku na ovládacím panelu. Ovládací panel může být s vibrační deskou spojen pomocí kabelu, v tomto případě je maximální vzdálenost obsluhy od desky 8m. Vyspělejší technologií je komunikace pomocí infračerveného dálkového ovládání, které je zobrazeno na obr. 8. Maximální vzdálenost vibrační desky od ovládacího panelu se uvádí v rozmezí 18-25m v závislosti na výrobci. Princip dálkových ovládání hutnících strojů byl vyvinut z důvodu zvýšení bezpečnosti a také zlepšení pracovních podmínek obsluhy (obsluha stroje není vystavena vlivu vibrací, prašnosti).[16, 17]



Obr. 13 a 14: Vibrační deska s infračerveným dálkovým ovládáním [16]

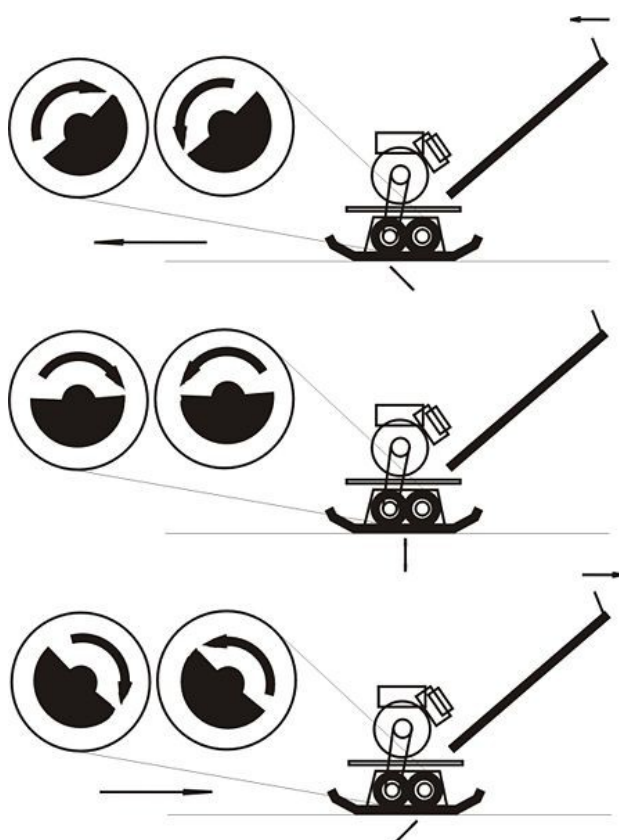
2.3.3 Jednosměrné vibrační desky

Charakteristickým znakem jednosměrných vibračních desek je možnost pohybu pouze v jednom směru – dopředu. Základním prvkem těchto desek je jeden excentr, který způsobuje kruhovou neusměrněnou vibraci. Pojmem excentr (výstředník) se rozumí mimostředné závaží, které se otáčí kolem své osy a zajišťuje periodické opakování odstředivé síly působící na plochu. Výstředníky se u jednosměrných desek umísťují do přední poloviny, jak je patrné z obrázku 9. Při pracovním procesu způsobují zdvih přední části desky o 1 – 5mm vůči podloží. Celková hmotnost jednosměrných vibračních desek bývá okolo 100kg.[18]



Obr. 15: Schéma jednosměrné vibrační desky [18]

2.3.4 Reverzní vibrační desky



Obrázek 16: Schéma reverzní vibrační desky[18]

Označením reverzní se rozumí typ vibračních desek, u kterého je zajištěna možnost obousměrného pohybu. Při pracovní procesu tedy lze s deskami pohybovat vpřed i vzad. Tento typ vibračních desek se liší od desek jednosměrných také v počtu a umístění excentrů. Reverzní desky mají dva excentry, které způsobují usměrněnou vibraci a jsou umístěné uprostřed. Na obrázku 16 jsou znázorněny směry otáčení a pozice závaží excentrů při pojezdu vpřed, v klidovém režimu a při pojezdu vzad. Tento druh vibračních desek se ovládá pomocí pohyblivé vodící rukojeti. Hmotnost reverzních vibračních desek se pohybuje od 100kg až do řádově 800kg, výjimečně i 1t.[18]

Pro vlastní experimentální měření byla použita reverzní vibrační deska NTC VDR 22 od firmy NTC Stavební technika spol. s.r.o. Vybrané technické parametry použité vibrační desky jsou zapsány v tabulce 1.

Parametr	Jednotka	Údaj
Hmotnost	Kg	120
Frekvence	Hz	100
Odstředivá síla	kN	22
Rychlost	m/min	24
Rozměry hutnicí desky	mm	400 x 630
Motor		HONDA
Typ		GX 160
Startování		Ruční
Max. výkon a otáčky motoru	kW/min ⁻¹	3,6/3600
Palivo		benzín

Tab. 1: Technické parametry reverzní vibrační desky NTC VDR 22 [19]

3. Vlastní experimentální měření

3.1 Sestava měřící aparatury

3.1.1 Měřící seismická stanice Gaia 2T

Gaia 2T je autonomní tříkanálová seismická stanice s dynamickým rozsahem $138\text{db}_{\text{p-p}}$, synchronizací pomocí systému GPS, záznamem dat na CompactFlash disky, umožňující posílání SMS zpráv. Je určena pro terénní měření při krátkodobých i dlouhodobých seismických experimentech. Umožňuje přímo připojit většinu aktivních i pasivních snímačů.[20] Před vlastním měřením je nutné měřící stanici správně nastavit. Konfigurace stanice se provádí v programu SeisTools2. Co se týče ovlivnění měření klimatickými podmínkami, stanice je deklarována pro měření v teplotním rozsahu od -25°C až do $+65^{\circ}\text{C}$.



Obr. 17: Seismická měřící stanice Gaia 2T [zdroj: foto autor]

Seismická měřící stanice Gaia 2T je na horní straně opatřena barevnými (červenými a zelenými) LED diodami, které indikují např. stav nabití stanice nebo aktivní spolupráci

s GPS. Diody se aktivují stiskem tlačítka LED ON, které se nachází v pravé části stanice. V předním panelu stanice je umístěn CompactFlash, který slouží k ukládání záznamu naměřených dat. Zadní strana Gaie 2T je opatřena třemi konektory, které slouží pro připojení měřicího senzoru ViGeo2, dále GPS a poslední konektor je určen pro připojení stanice k pc či přenosnému notebooku. Součástí zadního panelu je také tlačítko pro zapnutí a vypnutí celé stanice.

3.1.2 Měřicí senzor ViGeo2

ViGeo 2 je kompaktní, aktivní, krátkoperiodický, třínožkový, rychlostní seismometr, pro terénní i staniční použití.[21]

Senzor je pro terénní měření vybaven na spodní straně třemi ustanovkami, které slouží pro ustavení senzoru do vodorovné roviny. Na horní straně je senzor opatřen libelou, která je určena pro kontrolu vodorovné polohy senzoru. Dále se na horním povrchu nachází šipka, která představuje směr jedné ze tří os, ve kterých senzor zaznamenává aktivitu a šipka by měla vždy směřovat ke zdroji kmitání. Senzory měří kmitání ve třech směrech – radiálním, transversálním a vertikálním. Radiální osu lze označit za osu x a její směr je určen šipkou na senzoru a je rovnoběžný se zdrojem kmitání. Transverzální osu, lze označit jako osu y, je odkloněna od radiální osy o 90° ve vodorovné rovině, má tedy příčný směr vzhledem ke zdroji. Vertikální osa, označovaná jako osa z, je odkloněna od radiální osy ve svislé rovině o 90° .



Obr. 18 a 19: Měřicí senzor ViGeo2 [zdroj: foto autor]

3.1.3 GPS

GPS přijímač slouží k synchronizaci GPS času v měřicích stanicích. GPS přijímač je nutné umísťovat na místa, kde nebude docházet ke stínění různými překážkami a přijímač bude mít výhled na co největší část oblohy a bude moci lépe komunikovat s družicemi na oběžné dráze.

3.2 Software

3.2.1 Program Seistools

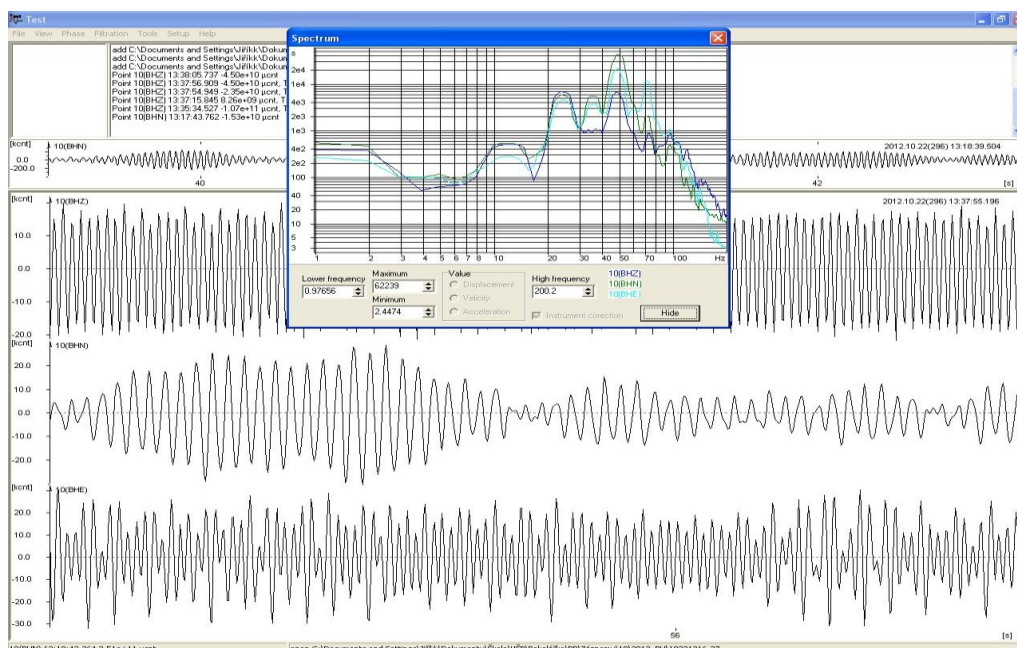
Program Seistools slouží pro nastavení různých parametrů měřicích seizmických stanic Gaia 2T před použitím stanice pro měření. Před vlastním experimentálním měřením se v programu nastavoval např. parametr synchronizace GPS času.

3.2.2 Program SWIP

Program SWIP (Seismic Waves Interpretation Program) je navržen pro použití v seizmologických observatořích, nebo malých datových centrech. SWIP slouží pro analýzu získaných seizmologických dat, není však určen pro detailní vědecké výzkumy. SWIP je používán zejména pro rychlou rutinní analýzu velkého počtu získaných dat, než pro detailní hloubkovou analýzu malého počtu dat. Výhodou programu je, že umožňuje analyzovat data nejen z jednotlivé stanice, ale také ze stanic několika.[22]

Program SWIP pracuje se svými jednotkami. Základní jednotkou, se kterou program pracuje je 1 count [cnt]. Aby bylo možno pracovat s daty objektivně, je potřeba převést county na základní fyzikální jednotku kmitání mm/s. Převod se realizuje podle vztahu:

$$1\text{Mcnt} = 2,975 \cdot 10^{-12} \text{ mm/s}$$



Obr. 20: Příklad vlnového záznamu a frekvenčního spektra [zdroj: autor]

3.3 Postup při vlastním experimentálním měření

3.3.1 Zhotovení výkopu

Realizace výkopu spočívala v sejmutí drnu v tloušťce řádově 15-20cm, výkop byl zhotoven ručně pomocí rýče. Tvar a poloha výkopu je patrná z obrázku 5. Následně došlo k částečnému zasypání výkopu lomovým kamenivem a prvotnímu zhutnění. Zásyp a celkové podloží bylo nutno předem zhutnit, aby nedošlo k ovlivnění vlastního experimentálního měření vlivem pohlcení účinku vibrací nezhutněnou zeminou. Výkop bylo nutné realizovat

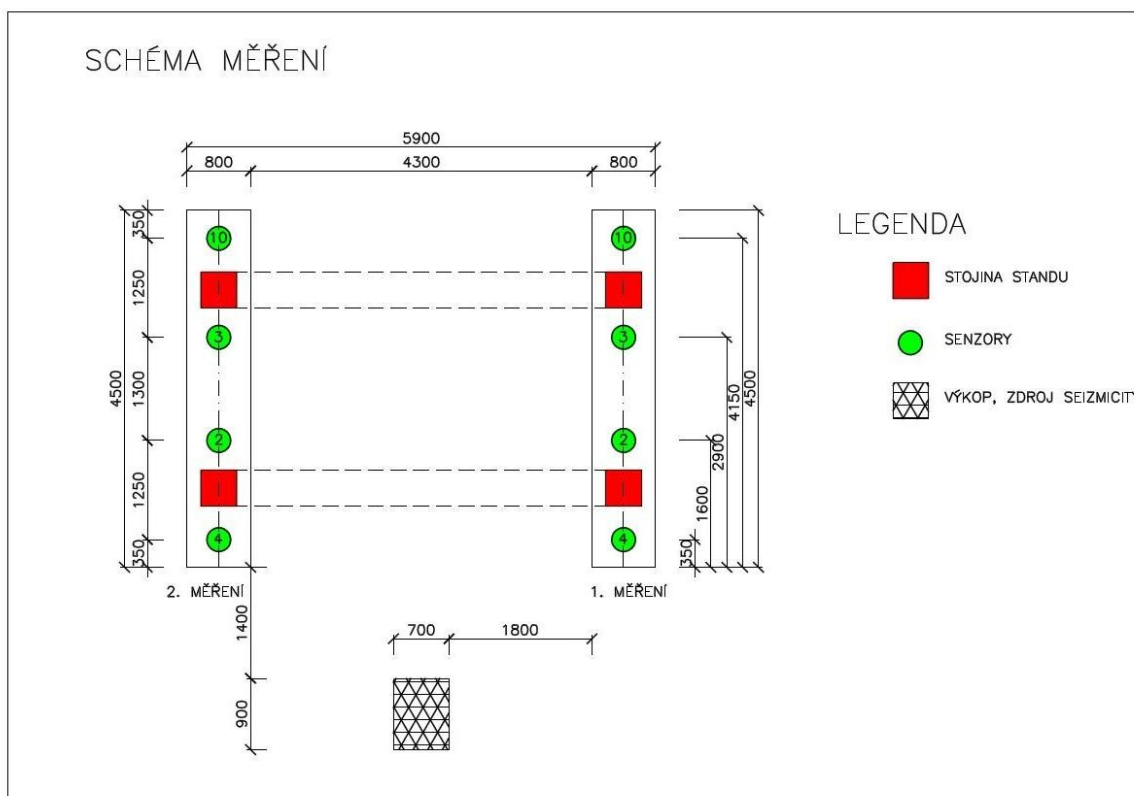
z důvodu umístění reverzní vibrační desky a zajištění její stále polohy na daném místě (reverzní vibrační desky mají při pracovním procesu tendenci se pohybovat).



Obr. 21: Reverzní vibrační deska umístěna ve výkopu [zdroj: foto autor]

3.3.2 Příprava pro měření

Hlavní podstata přípravy měření spočívala v rozmístění senzorů po délce pásu na jejich osu, jak je patrné z obrázku 21 a ustavení do vodorovné polohy pomocí 3 ustanovek, kontrola polohy provedena podle kap. 3.1.2. Dále bylo nutné zkontrolovat nastavení měřících stanic. Nastavování se provádí v již zmiňovaném programu Seistools. Po připojení senzorů a již připojeným GPS přijímačům k měřícím stanicím byla sestava připravena pro měření.



Obr. 22: Schéma měření [zdroj: autor]

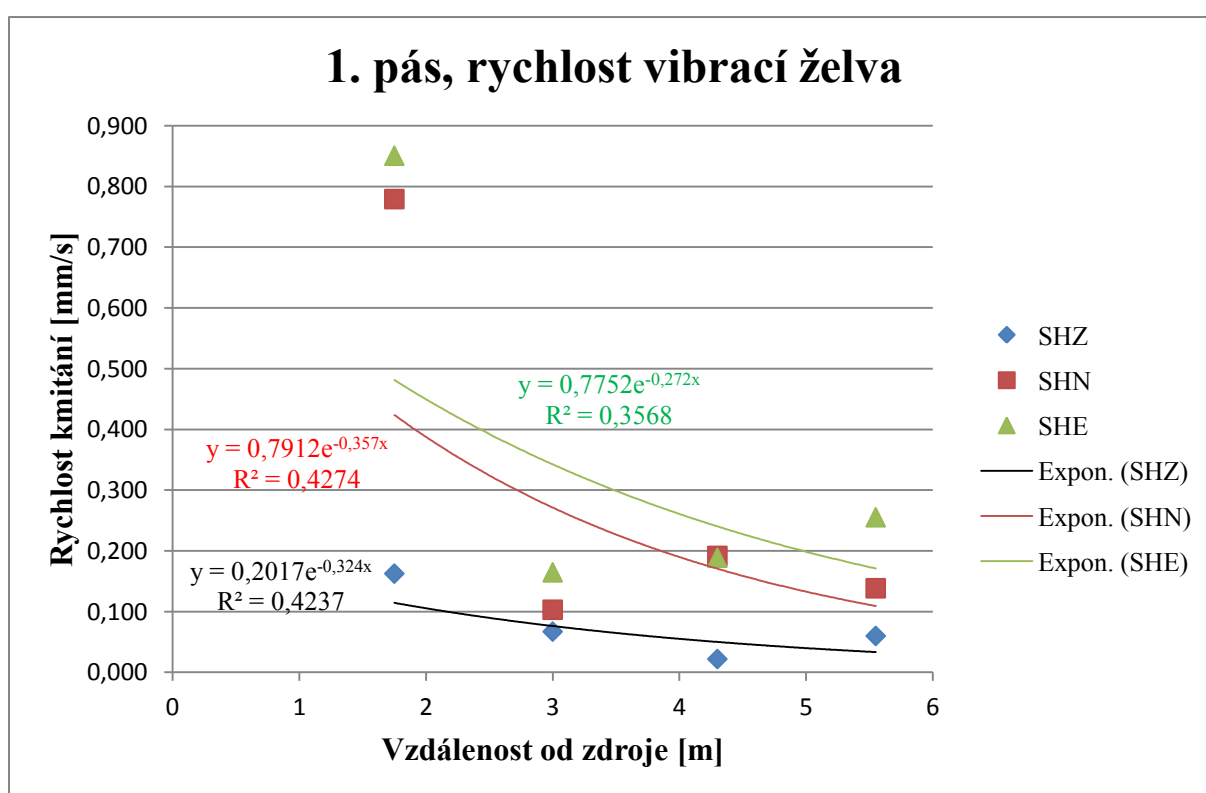
3.3.3 Měření

K dispozici pro dané měření byly použity 4 měřicí stanice, 4 senzory a 4 GPS přijímače. Měření se nejprve provádělo na pravém pásu konstrukce stand a probíhalo ve dvou fázích. Obě fáze měření probíhaly shodně po dobu 15 minut. Rozdíl mezi jednotlivými fázemi byl v nastavení rychlostního stupně kmitání reverzní vibrační desky. Pro první fázi měření byl nastaven nižší rychlostní stupeň hutnění, tzv. želva. Po uplynutí 15 minutového intervalu byla vibrační deska přepnuta do klidového režimu, ve kterém byla ponechána po dobu jedné minuty. Časový interval jedné minuty byl nastaven z důvodu ustálení kmitání a zřetelného odlišení jednotlivých fází měření ve výstupních záznamech. Pro druhou fázi měření byla reverzní vibrační deska nastavena na vyšší rychlostní stupeň kmitání, tzv. zajíce. Stejným postupem pokračovalo měření i na levém pásu konstrukce stand.

4. Analýza naměřených dat

4.1 Měření na prvním pásu, nižší stupeň rychlosti kmitání

Maximální hodnota rychlosti kmitání byla zaznamenána ve směru transverzálním. Jedná se o hodnotu 0,851mm/s. Tato hodnota je současně nejvyšší hodnotou z celého experimentálního měření. Je tedy určující pro posuzování působení dynamického zatížení na objekty. Z prvního měření dosahovala rychlost kmitání nejvyšších hodnot právě na transverzální ose.



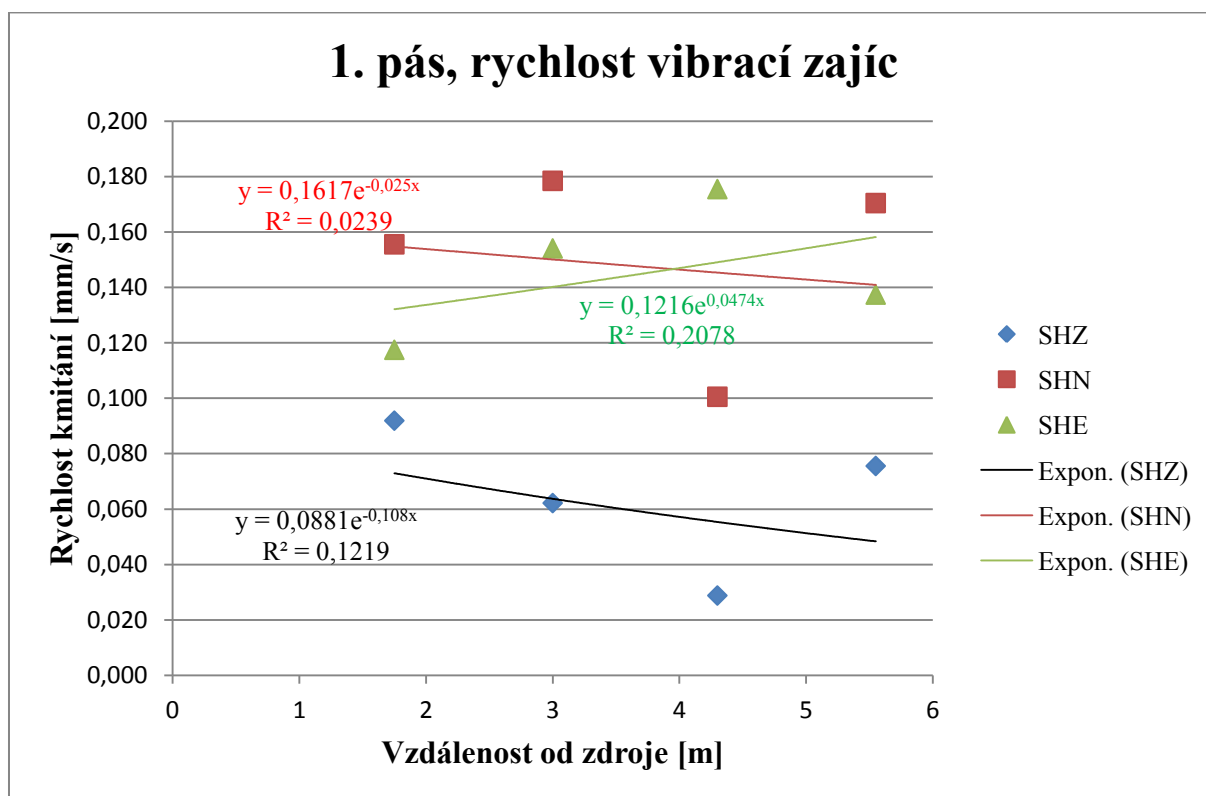
Graf 1: Závislost rychlosti kmitání na vzdálenosti od zdroje při prvním měření

1. pás				
č. senzoru	rychlost vibrací	želva [mm/s]		
	vzdálenost od zdroje [m]	SHZ	SHN	SHE
4	1,75	0,163	0,779	0,851
2	3	0,067	0,103	0,165
3	4,3	0,022	0,192	0,189
10	5,55	0,060	0,139	0,256

Tab. 2: Hodnoty rychlosti kmitání z prvního měření

4.2 Měření na prvním pásu, vyšší stupeň rychlosti kmitání

U druhého měření byla zaznamenána výrazně nižší maximální hodnota rychlosti kmitání, než u prvního měření. Maximální rychlost kmitání odpovídá hodnotě 0,179mm/s. Tato hodnota byla naměřena na radiální ose ve vzdálenosti 3m od zdroje vibrací. Současně útlumová křivka radiální osy vykazuje nejnižší hodnotu spolehlivosti a to pouhých 2,39%.



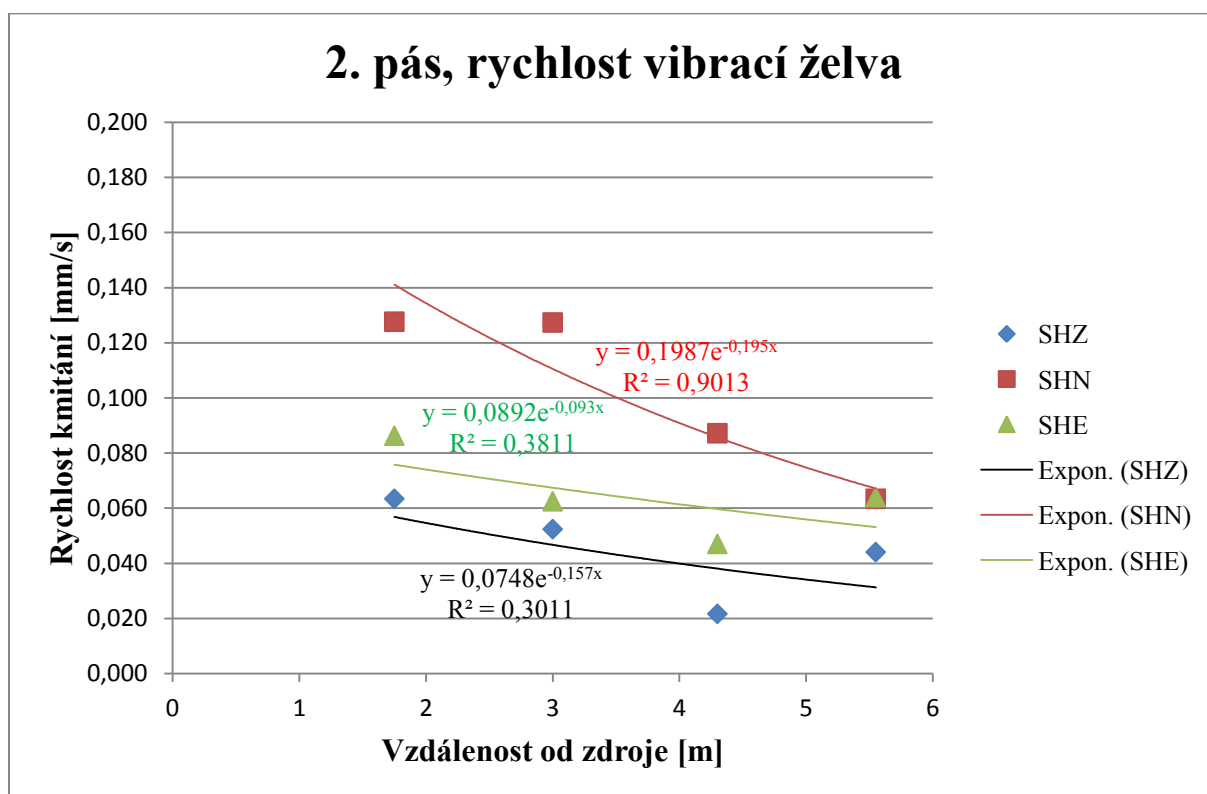
Graf 2: Závislost rychlosti kmitání na vzdálenosti od zdroje při druhém měření

1. pás				
č. senzoru	rychlost vibrací	zajíc [mm/s]		
	vzdálenost od zdroje [m]	SHZ	SHN	SHE
4	1,75	0,092	0,156	0,118
2	3	0,062	0,179	0,154
3	4,3	0,029	0,101	0,176
10	5,55	0,076	0,170	0,137

Tab. 3: Hodnoty rychlosti kmitání z druhého měření

4.3 Měření na druhém pásu, nižší stupeň rychlosti kmitání

Stejně jako u druhého měření se nachází nejvyšší naměřená hodnota rychlosti kmitání na radiální ose. Největší hodnota dosahuje velikosti 0,128mm/s a byla naměřena ve vzdálenosti 1,75m od zdroje. V tomto případě útlumová křivka radiální osy vykazuje nejvyšší hodnotu spolehlivosti a to 90,13%.



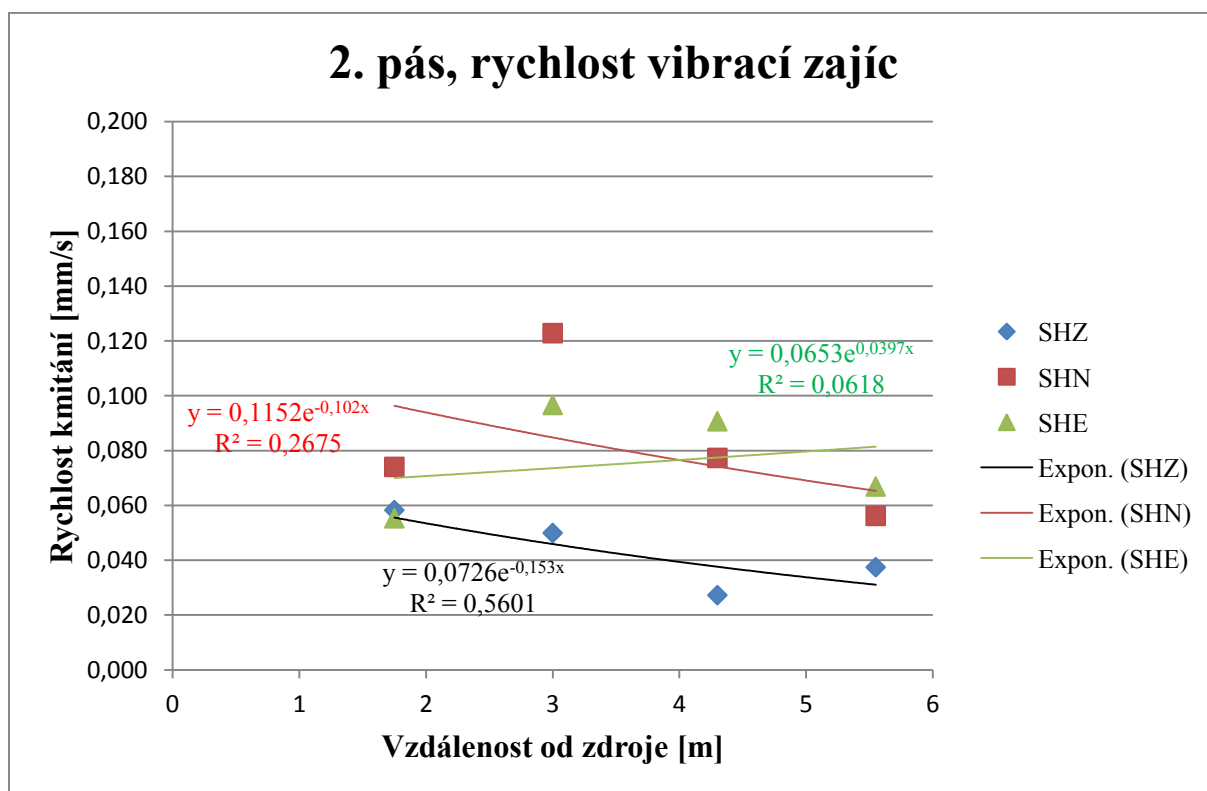
Graf 3: Závislost rychlosti kmitání na vzdálenosti od zdroje při třetím měření

2. pás				
č. senzoru	rychlost vibrací	želva[mm/s]		
	vzdálenost od zdroje [m]	SHZ	SHN	SHE
4	1,75	0,063	0,128	0,086
2	3	0,052	0,127	0,062
3	4,3	0,022	0,087	0,047
10	5,55	0,044	0,063	0,064

Tab. 4: Hodnoty rychlosti kmitání z třetího měření

4.4 Měření na druhém pásu, vyšší stupeň rychlosti kmitání

Při závěrečném měření byla zaznamenána maximální rychlost kmitání rovněž na radiální ose. Maximální hodnota rychlosti kmitání si je svou velikostí velmi blízká s maximální hodnotou ze třetího měření. Maximální rychlost kmitání má velikost 0,123mm/s. Tato hodnota byla získána ve vzdálenosti 3m od reverzní vibrační desky.



Graf 4: Závislost rychlosti kmitání na vzdálenosti od zdroje při čtvrtém měření

2. pás				
č. senzoru	rychlost vibrací	zajíc [mm/s]		
	vzdálenost od zdroje [m]	SHZ	SHN	SHE
4	1,75	0,058	0,074	0,055
2	3	0,050	0,123	0,097
3	4,3	0,027	0,077	0,091
10	5,55	0,037	0,056	0,067

Tab. 5: Hodnoty rychlosti kmitání ze čtvrtého měření

5. Zhodnocení výsledků z měření

Posuzování vlivu technické seizmicity na stavební objekty se provádí podle normy ČSN 73 0040 Zatížení stavebních objektů technickou seizmicitou a jejich odezva. Aby bylo možné posoudit vliv dynamického zatížení vyvolaného vibrační deskou podle normy, je nutné převést maximální hodnoty rychlosti kmitání na efektivní. Převod hodnot se provádí tak, že se maximální odečtené hodnoty podělí odmocninou ze dvou.

Dále je nutné dodržet zásadu, aby získané hodnoty byly naměřeny na tzv. referenčním stanovišti. Referenčním stanovištěm se rozumí buď nejnižší podlaží objektu, nebo jeho základy. V našem případě se tedy jedná o základové pásy. Dynamické zatížení je nutné měřit na referenčních stanovištích z důvodu, že v jiných částech konstrukce by mohly být naměřeny vyšší hodnoty rychlosti kmitání. [1]

Dynamická odezva, která může být způsobena všemi druhy technické seizmicity, kromě odezvy vyvolané trhacími pracemi, se posuzuje podle tabulky 6.[1] Pokud jsou naměřeny nižší hodnoty efektivní rychlosti kmitání na referenčních stanovištích, než jsou uvedeny v tabulce 6, není nutné posuzovat konstrukce dále podle prvního mezního stavu. První mezní stav je mezním stavem únosnosti a při jeho překročení dochází k úplné a trvalé ztrátě způsobilosti konstrukcí, základových půd, popř. celých objektů k užívání.[23]

Třída odolnosti objektu	v_{ef} [mm/s]			
	Třída významu objektu (podle ČSN 73 0031)			
	U	I	II	III
A	0,2	0,4	0,7	1,1
B	0,4	0,6	1,0	1,8
C	0,7	1,5	2,0	2,8
D	0,9	2,0	2,5	3,5
E	1,1	2,5	3,0	4,0
F	1,5	3,0	4,0	5,0

Tab. 6: Mezní hodnoty efektivní rychlosti [1]

Třída odolnosti objektu	Objekty bytové, občanské, průmyslové a zemědělské	Objekty inženýrské	Objekty podzemní	Podzemní inženýrské sítě a kabely
A	chatrné stavby, neodpovídající stavebním předpisům, zříceniny; historické budovy z neopracovaného kamene nebo cihel s klenutými překlady, průvlaky a plošnými klenbami nad místnostmi v přízemí a suterénu; kamenné a zděné pomníky a kašny; budovy s rozsáhlou plastickou výzdobou; budovy ve zvláštní památkové péči; archeologické objekty;			
B	běžné cihelné stavby, izolované nebo řadové domky s půdorysnou plochou do 200 m ² , nejvýše o 3 podlažích			
C	veliké budovy z cihel a tvárnic, dobře ztužené stavby panelové a montované z betonových prvků; zdivo na cementovou maltu	kamenné mosty (sochy a ozdoby) opěrné a ochranné zdi z kamene a cihel, zděné vodojemy	keramické a kamenné obklady dlažby v podzemních objektech metra, v podchodech	potrubí osinkocementové, kameninové, kabelové spojky, Pupinovy skříně na sdělovacích kabelech
D	budovy ze skeletu ocelového nebo betonového, dřevěné a hrázdné stavby s dobrým ztužením, prostý beton	opěry mostů z opracovaného kamene, monolitické vodojemy	cihelné, kamenné a tvárnicové vyzdívky v podzemních objektech	potrubí litinové, betonové, potrubí z umělých hmot
E	železobetonové a ocelové konstrukce, výrobní a provozní objekty, železobetonová sila a zásobníky	železobetonové inženýrské stavby, ocelové stožáry	betonové monolitické konstrukce podzemních objektů; vyzdívané a monolitické štoly kruhového a vejčitého tvaru; stoky a technologické tunely z dílců a trub o průměru větším než 800 mm; podzemní železobetonové stěny, kotvení - kořeny kotev	kabely žilové a koaxiální sdělovací kabely
F			železobetonové a ocelové ostění tunelů metra a kolektoru; úkryty civilní obrany	potrubí ocelové

Tab. 7: Třídy odolnosti objektů [1]

Při posuzování dynamické odezvy podle tabulky 6 je nutné dále zatřídit objekty podle tabulek 7 a 8. V tabulce 7 jsou specifikovány třídy odolnosti objektů, které jsou rozdělené do šesti skupin a čtyř kategorií. Experimentální konstrukce stand patří do třídy odolnosti objektů E, kde se nachází železobetonové stavby a do kategorie inženýrských objektů.

Tabulka 8 zařadí objekty podle významu do čtyř tříd. Podle tabulky 8 lze zařadit experimentální konstrukci stand do třetí třídy. Tato třída představuje objekty s omezeným ekonomickým a/nebo společenským významem.

Třída významu objektu	Význam objektu	Objekty
U	Objekty s mimořádným ekonomickým a/nebo společenským významem	Významné objekty dopravních a vodohospodářských celků (mimořádně významné mosty, přehradní hráze a objekty)
I	Objekty s velkým ekonomickým a/nebo společenským významem	Inženýrské stavby sloužící dopravě (mosty, tunely, dálnice, silnice I a II třídy, letiště, lanové dráhy), vodohospodářské objekty, těžní věže, strojovny těžních strojů, budovy hlavních ventilátorů plynujících dolů, divadla, kina, nemocnice, školy, školky, jesle, obchodní domy, rozhledny, nádražní haly, čekárny, kryté sportovní objekty, tribuny sportovních objektů, muzea a státní archivy, hlavní budovy elektráren, objekty nadřazené a distribuční soustavy elektrického rozvodu a VVN, objekty vysokých pecí, vysoké komíny, objekty ozbrojených složek a zvláštní důležitosti, nádrže a zásobníky na ropu a ropné výrobky, chemikálie, vysoké anténní stožáry a věžové zásobníky apod.
II	Objekty se středním ekonomickým a/nebo společenským významem	Objekty obytné a občanské, objekty pro průmyslovou, rostlinnou a živočišnou výrobu; objekty ústřední skladů pro zásobování obyvatelstva, objekty třídění a balíren, objekty skladů cenných technických zařízení a přístrojů, objekty skladů a výstroje pro ozbrojené složky, dočasné a přenosné objekty pro tělovýchovu a sport, místní komunikace III a IV třídy a účelové komunikace, železniční vlečky a dráhy zvláštního určení
III	Objekty s omezeným ekonomickým a/nebo společenským významem	Objekty skladů, objekty pro skladování zemědělských výrobků, hnojiv, uhlí, rašeliny apod., zásobníky, skleníky, pařeniště, stožáry elektrorozvodné sítě VN a NN, osvětlovací stožáry

Tab. 8: Zatřídění objektů podle významu [23]

Při prvním měření a následním vyhodnocení získaných dat byly dosaženy velmi překvapivé výsledky. V některých směrech nedocházelo k útlumu rychlosti kmitání po délce pásů. Během vibrování, zejména na vyšší rychlostní stupeň kmitání (zajíce), docházelo k nárůstu útlumových křivek. Obecně rovnice exponenciálních křivek vykazovaly velmi nízkou hodnotu spolehlivosti R . Nejnižší hodnota spolehlivosti byla $R^2=0,015$, což znamená pouhých 1,5%.

Druhým experimentálním měřením byly překvapivé výsledky potvrzeny. Po aplikování druhého měření a následného vyhodnocení nových dat, byly oba výstupy vzájemně porovnány. Nové naměřené hodnoty se příliš nelišily od těch původních. Druhým měřením se tedy vyloučila možná chyba, která mohla nastat během prvního měření. Jako nejpravděpodobnější důvod, proč nedochází k útlumu rychlosti kmitání po délce pásu při vibrování zejména na vyšší rychlostní stupeň, se jeví možnost, že dochází k odrazu seizmických vln. Při odrazu vln, by pak došlo ke zkreslení skutečného dynamického zatížení, vyvolaného reverzní vibrační deskou.

Měřením in-situ bylo prokázáno, že běžné použití reverzních vibračních desek nemá zásadní vliv na poškození drtivé většiny objektů, vyvolané dynamickým zatížením. Maximální naměřená rychlost kmitání dosahuje hodnoty 0,851 mm/s. Po přepočtu na efektivní rychlost kmitání se jedná o hodnotu 0,602 mm/s. Nejvyšší hodnota efektivní rychlosti kmitání byla měřená ve vzdálenosti zhruba 1,75m od zdroje vibrací. Dá se tedy

předpokládat, že při bližším použití vibračních desek u objektů, by mohla efektivní hodnota rychlostí kmitání ještě nepatrně vzrůstat.

V případě našeho experimentálního měření bylo zjištěno, že konstrukci stand není nutné dále posuzovat na odezvu dynamického zatížení, vyvolaného použitím reverzní vibrační desky. Objekty, které spadají do třídy odolnosti A a B podle tabulky 7 a současně do třídy významu U a I podle tabulky 8, je nutné dále posoudit podle mezních stavů. U těchto konstrukcí a staveb došlo k překročení mezní hodnoty efektivní rychlosti kmitání.

6. Závěr

Základním cílem této práce bylo provést experimentální měření in-situ na konstrukci stand. Pro realizaci měření byla použita reverzní vibrační deska jako zdroj dynamického zatížení působícího na konstrukce. Předmětem měření bylo stanovení závislosti útlumu maximálních rychlostí kmitání na změně vzdálenosti od zdroje. Získané naměřené hodnoty jsou zpracovány v amplitudové oblasti. Pro názornost jsou tyto hodnoty vyneseny do grafů, kde závislost útlumu rychlosti kmitání na změně vzdálenosti od zdroje představují útlumové křivky.

Součástí této práce bylo také posouzení vlivu dynamických účinků vyvolaných reverzní vibrační deskou na experimentální konstrukci stand. Posouzení bylo provedeno na základě normy ČSN 73 0040 Zatížení stavebních objektů technickou seizmicitou a jejich odezva. Podle této technické normy je konstrukce stand zařazena do třídy odolnosti E, podle normy ČSN 73 0031 odpovídá stand třetí třídě významu objektů. Jako mezní efektivní rychlost kmitání byla tedy stanovena hodnota 4,0mm/s. Během měření byla zjištěna nejvyšší efektivní hodnota rychlosti kmitání 0,602mm/s.

Během experimentálních měření se vyskytla jistá anomálie, projevující se jako narůst hodnoty rychlosti kmitání oproti předpokládanému útlumu v určitých směrech. Tento jev může být vyvolán odrazem seizmických vln od základové konstrukce standu, event. vlastní konstrukcí standu a vyžaduje bližší a detailnější zkoumání.

Vyhodnocením seizmických měření bylo zjištěno, že reverzní vibrační deska vážně neohrožuje experimentální konstrukci stand svými dynamickými účinky, které vyvolává při běžném použití.

7. Seznam použité literatury a internetových odkazů

- [1] ČSN 73 0040 – Zatížení stavebních objektů technickou seizmicitou a jejich odezva, Český normalizační institut, 1996, Praha
- [2] Nařízení vlády č. 272/2011 Sb., o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací [on-line], vystaveno 2011, dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/pravni-predpisy/narizeni-c-272-2011-sb-o-ochrane-zdravi-pred-nepriznivymi-ucinky-hluku-a-vibraci>
- [3] ČAJKA, R., KŘIVÝ, V., SEKANINA, D. (2011) Návrh a vývoj zkušebního zařízení pro experimentální měření základových desek na podloží, Sborník vědeckých prací Vysoké školy Báňské – Technické Univerzity Ostrava – Řada stavební, 1/2011, 1-6. Ostrava
- [4] ČAJKA, R., SEKANINA, D. (2010) Zkušební stand pro statickou zatěžovací zkoušku, Projektová dokumentace, Ostrava
- [5] Seismicita České republiky [on-line], vystaveno 2008, dostupné z: <http://www.ig.cas.cz/userdata/files/popular/Seismicita.pdf>
- [6] Přírodní katastrofy a environmentální hazardy – Zemětřesení [on-line], dostupné z: <http://www.sci.muni.cz/~herber/quake.htm#8>
- [7] KALÁB, Z. (2008) Seizmická měření v geotechnice, Monografie VŠB-TUO, Ostrava
- [8] FISCHER, O. (2009) Nová norma pro navrhování konstrukcí odolných proti účinkům zemětřesení [on-line], vystaveno 2009, dostupné z: <http://www.casopisstavebnictvi.cz/clanek.php?detail=2126>
- [9] Zemětřesení [on-line], vystaveno 2010, dostupné z: <http://www.zemepis.eu/zemetreseni.p60.html>
- [10] EMS-98 [on-line], vystaveno 2012, dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/EMS-98>
- [11] STOLÁRIK, M., MAREK, R. Dynamická odezva tramvajové dopravy na městský kolektor, Geotechnika 3/2011, 26-31, 2011, Praha

- [12] STOLÁRIK, M., Výsledky seizmických měření na tunelech IV. železničního koridoru, Sborník vědeckých prací Vysoké školy báňské – Technické univerzity Ostrava – Řada stavební, 2/2011, 117-126. Ostrava
- [13] PIRNER, M. (2009) Životní prostředí a technická seizmicita [on-line], vystaveno 2009, dostupné z: <http://www.casopisstavebnictvi.cz/clanek.php?detail=2118>
- [14] SARSBY, R. W. (2000) Enviromental geotechnics, London: Thomas Telford
- [15] Hutníci technika Ammann zajišťuje vysokou kvalitu práce [on-line], vystaveno 2010, dostupné z:
<http://www.kohut.cz/hutnici-technika-ammann-zajistuje-vysokou-kvalitu-prace-71-info>
- [16] První infračervené dálkové ovládání se senzorem identifikace blízkosti ovládacího panelu pro univerzální válce, později i pro vibrační desky [on-line], dostupné z:
<http://www.cz.wackerneuson.com/cs/svet-zazitku/inovace.html>
- [17] Vibrační deska obousměrná AMMANN APH 1000tc [on-line], vystaveno 2010, dostupné z:
<http://www.kohut.cz/vibracni-deska-obousmerna-ammann-aph-1000tc?type=vibracni-desky>
- [18] LANGER, P.(2012) Vibrační deska [on-line], vystaveno 2012, dostupné z:
http://cs.wikipedia.org/wiki/Vibrační_deska
- [19] Reverzní vibrační desky VDR - VDR 22 [on-line], dostupné z:
<http://www.ntc.cz/stavebni-stroje/profesionalni-stavebni-technika-ntc/detail-produktu/38-VDR-22>
- [20] Uživatelská příručka seizmické měřicí stanice Gaia 2T, Vistec (2006)
- [21] Uživatelská příručka seizmického senzoru ViGeo 2T, Vistec (2006)
- [22] WISZNOWSKI, J. a WIEJACZ, P. (2003): SWIP Manual, Institute of Geophysics, Polish Academy of Sciences, Warszawa
- [23] ČSN 73 0031 - Spolehlivost stavebních konstrukcí a základových půd, Český normalizační institut, 1988, Praha

8. Seznam obrázků

Obr. 1: Experimentální konstrukce stand

Obr. 2: Půdorys zkušebního standu

Obr. 3: Řez zkušebním standem

Obr. 4: Schéma rozmístění mikropilot pod základovým pásem

Obr. 5: Šíření P-vlny

Obr. 6: Šíření S-vlny

Obr. 7: Pohyb elementů při Loveově vlně

Obr. 8: Princip Rayleighovy vlny

Obr. 9: Mapa seizmických oblastí ČR

Obr. 10: Zdroje technických vibrací

Obr. 11: Příklad nesené vibrační desky

Obr. 12: Příklad nesené vibrační desky

Obr. 13: Vibrační deska s infračerveným dálkovým ovládáním

Obr. 14: Vibrační deska s infračerveným dálkovým ovládáním

Obr. 15: Schéma jednosměrné vibrační desky

Obr. 16: Schéma reverzní vibrační desky

Obr. 17: Seizmická měřicí stanice Gaia 2T

Obr. 18: Měřicí senzor ViGeo2

Obr. 19: Měřicí senzor ViGeo2

Obr. 20: Příklad vlnového záznamu a frekvenčního spektra

Obr. 21: Reverzní vibrační deska umístěná ve výkopu

Obr. 22: Schéma měření

9. Seznam tabulek a grafů

Tab. 1: Technické parametry reverzní vibrační desky NTC VDR 22

Tab. 2: Hodnoty rychlosti kmitání z prvního měření

Tab. 3: Hodnoty rychlosti kmitání z druhého měření

Tab. 4: Hodnoty rychlosti kmitání ze třetího měření

Tab. 5: Hodnoty rychlosti kmitání ze čtvrtého měření

Tab. 6: Mezní hodnoty efektivní rychlosti

Tab. 7: Třídy odolnosti objektů

Tab. 8: Zatřídění objektů podle významu

Graf 1: Závislost rychlosti kmitání na vzdálenosti od zdroje při prvním měření

Graf 2: Závislost rychlosti kmitání na vzdálenosti od zdroje při druhém měření

Graf 3: Závislost rychlosti kmitání na vzdálenosti od zdroje při třetím měření

Graf 4: Závislost rychlosti kmitání na vzdálenosti od zdroje při čtvrtém měření